

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет
Кафедра аналитической и фармацевтической химии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Кафедра аналитической и фармацевтической химии
химического факультета

Образовательная программа
Направления 04.04.01 – Химия

Профиль подготовки
Аналитическая химия

Уровень высшего образования
магистратура

Форма обучения
очная


Статус дисциплины: вариативная по выбору


Махачкала, 2018 год

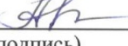
Рабочая программа дисциплины «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 – Химия (уровень - магистратура) от «23» сентября 2015 г. № 1042.

Разработчики: кафедра аналитической и фармацевтической химии, Рамазанов Арсен Шамсудинович, д.х.н., профессор; Свешникова Джаннет Алексеевна, к.х.н., учебный мастер Сараева Ирина Витальевна

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры аналитической и фармацевтической химии
от «29» мая 2018 г., протокол № 10.

Зав. кафедрой  Рамазанов А.Ш.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «22» июня 2018 г., протокол № 10.
Председатель  Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «28» юня 2018 г. 
(подпись)



Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» входит в вариативную часть дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.3) образовательной программы магистратуры по направлению 04.04.01 Химия.

Дисциплина реализуется на факультете химическом кафедрой аналитической и фармацевтической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физико-химическими основами и аналитическими возможностями экспериментальных методов исследования поверхности и тонких слоев материалов с целью диагностирования микро- и наноструктур, а также возможностью применения этих методов в микро- и нанотехнологиях.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ПК-1, ПК-2; ПК-3, ПК-4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных работ, коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 108 часов.

| Се- местр | Учебные занятия в том числе | | | | | | СРС, в том чис- ле экза- за- мен | Форма про- межуточной аттестации (зачет, диф- ференциро- ванный за- чет, экзамен |
|--------------|---|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------|------------------------|---|--|
| | Контактная работа обучающихся с преподава- телем | | | | | | | |
| | Все- го | Лек- ции | Лабо- ратор- ные за- нятия | Прак- тиче- ские занятия | КС Р | кон- суль- тации | | |
| 2 сем. | 108 | 16 | 18 | | - | - | 74 | зачет |

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» является изучение физико-химических основ и аналитических возможностей экспериментальных методов исследования поверхности и тонких слоев материалов с целью диагностирования микро- и наноструктур, а также возможностей применения этих методов в микро- и нанотехнологиях.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» входит в вариативную часть дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.3) профессионального цикла образовательной программы магистратуры по направлению 04.04.01 – «Химия».

Дисциплине «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» предшествует изучение дисциплин, предусматривающих лекционные и лабораторные занятия необходимые для ее успешного прохождения: Аналитическая химия, Физическая химия, Органическая химия, Химическая технология, Физика, Квантовая механика и квантовая химия, Основы спектроскопических методов анализа, Основы методов разделения и концентрирования, Метрологические основы химического анализа, Методы атомной спектроскопии для определения следов элементов, Методы молекулярной спектроскопии для определения органических соединений, Анализ реальных объектов и т.д.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

| Код компетенции из ФГОС ВО | Наименование компетенции из ФГОС ВО | Планируемые результаты обучения |
|----------------------------|--|---|
| ПК-1 | способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты | Знает: методы формирования показателей эффективности конкурентоспособности научно-исследовательских работ в соответствующей области знаний; законодательство Российской Федерации и международные нормативные документы в соответствующей области знаний; отечественные и международные достижения в соответствующей области знаний. Умеет: формировать комплексные планы для реализации этапов исследования; прогнозировать технико-экономические показате- |

| | | |
|------|---|--|
| ПК-2 | <p>владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии</p> | <p>ли; проектировать системы управления научно-исследовательскими работами в организации.</p> <p>Владеет: навыками планирования, анализа и обобщения результатов эксперимента.</p> <p>Знает: теоретические основы традиционных и новых разделов химии и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач.</p> <p>Умеет: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии.</p> <p>Владеет: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач.</p> |
| ПК-3 | <p>готовностью использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований</p> | <p>Знает: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ.</p> <p>Умеет: выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения.</p> <p>Владеет: навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов.</p> |
| ПК-4 | <p>способностью участвовать в научных дискуссиях и представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати)</p> | <p>Знает: основные требования к представлению результатов работ в профессиональной сфере деятельности.</p> <p>Умеет: использовать информационно-коммуникационные и компьютерные технологии для представления результатов профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет: навыками представления</p> |

результатов работы в виде печатных материалов и устных сообщений.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п | Разделы и темы дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|--|--|---------|-----------------|--|-----------|-------------------------|----------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практиче- | Лаборатор- ные заня- | Контроль | | |
| Модуль 1. Исследование поверхности твердых тел спектроскопическими методами | | | | | | | | | |
| 1. | Нanomатериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел | 2 | | 2 | - | - | - | 8 | устный опрос |
| 2. | Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел | 2 | | 2 | - | 2 | | 6 | устный опрос, письменная контрольная работа |
| 3. | Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел | 2 | | 2 | - | 2 | | 4 | устный опрос, письменная контрольная работа |
| 4. | Спектроскопия комбинационного рассеяния как ме- | 2 | | 2 | - | 2 | | 4 | устный опрос, письменная контрольная |

| | | | | | | | | | |
|---|---|----------|--|-----------|----------|-----------|----------|-----------|--|
| | тод исследования поверхности твердых тел Итого по модулю 1: | 2 | | 8 | - | 6 | - | 22 | работа 36/ коллоквиум |
| Модуль 2. Анализ поверхности твердых тел термогравиметрией и РФА | | | | | | | | | |
| 5. | Термогравиметрический анализ твердых тел | 2 | | 2 | - | 3 | | 13 | устный опрос, письменная контрольная работа |
| 6. | Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел Итого по модулю 2: | 2 | | 2 | - | 3 | | 13 | устный опрос, письменная контрольная работа 36/ коллоквиум |
| Модуль 3. Физико-химические методы анализа поверхности | | | | | | | | | |
| 7. | Физико-химические методы анализа поверхности: метод Боэма | 2 | | 2 | | 3 | | 13 | устный опрос, письменная контрольная работа |
| 8. | Потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности Итого по модулю 3: | 2 | | 2 | | 3 | | 13 | |
| | ИТОГО: | 2 | | 16 | - | 6 | - | 26 | 36/ коллоквиум |
| | | 2 | | 16 | - | 18 | - | 74 | 108/зачет |

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

| № | Темы лекций | Содержание лекций (основные вопросы) |
|--|---|---|
| Модуль 1. Исследование поверхности твердых тел спектроскопическими методами | | |
| 1 | Нanomатериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел. | Классификация наноматериалов. Физические причины специфики наноматериалов. Основные области применения наноматериалов. Методы получения наноматериалов. |

| | | |
|--|---|--|
| 2 | Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел. | Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Физические основы метода. Энергия оже-электронов. Факторы, влияющие на выход оже-электронов. Сечение ионизации внутреннего уровня. Вероятность оже-процесса. Средняя длина свободного пробега электронов. Быстрые обратно-рассеянные электроны. Химические сдвиги. Количественная оже-спектроскопия. Основное уравнение оже-спектроскопии. Метод внешних эталонов. Метод, использующий коэффициенты элементной чувствительности. Специальные методы для изучения тонкослойных структур. Абсолютная чувствительность методики электронной оже-спектроскопии. Применение спектров $N(E)$ и dN/dE . Устранение фона. Применение электронной оже-спектроскопии. Совмещение растровой электронной микроскопии и электронной оже-спектроскопии. Приборы. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Физические основы метода. Факторы, влияющие на величину фотоэмиссионного тока. Количественная РФЭС. Химические сдвиги. Учет зарядки поверхности. Использование РФЭС в химии поверхности. Аппаратура. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракционные картины от чистых поверхностей и адсорбированных слоев. Основы кинематической и динамической теории ДМЭ. Применение методики. Аппаратура. |
| 3 | Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел. | Теоретические основы метода. Используемая аппаратура. Примеры практического использования метода при исследовании различных поверхностей. |
| 4 | Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод исследования поверхности твердых тел. | Теоретические основы метода. Устройство растрового микроскопа. Определение элементного состава поверхности твердых тел. Возможности метода. Примеры практического использования метода при исследовании различных поверхностей. |
| Модуль 2. Анализ поверхности твердых тел термогравиметрией, РФА и методом Бозма | | |
| 6 | Термогравиметрический анализ твердых тел. | Теоретические основы метода. Используемая аппаратура. Примеры практического использования метода. Термогравиметрия (ТГ) назначение, преимущества по сравнению с родственными методами измерений, устройство, калибровка, режимы работы. |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел. | |
| Модуль 3. Физико-химические методы анализа поверхности | | |
| 7 | Физико-химические методы анализа поверхности: метод Боэма. | Основные модели пористых тел. Пористость. Удельная поверхность. Адсорбция физическая и химическая. Адсорбция газов на твердой поверхности. Изотермы адсорбции. Изотерма полимолекулярной адсорбции БЭТ. Использование интегрального метода БЭТ для определения величин удельной поверхности. Методики расчета распределения мезопор по размерам. Динамический метод измерения величин адсорбции: преимущества и недостатки. Динамические приборы серии СОРБИ. Измерение удельной поверхности, пористости, распределения пор по размерам активированного угля. |
| 8 | Потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности. | Потенциометрия: мембранные электроды, металлические электроды, прямая потенциометрия, Потенциометрическое титрование. Определение рН точки нулевого заряда различных сорбентов. |

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине

| №№ и названия разделов и тем | Цель и содержание практической работы |
|--|--|
| Практическая работа № 1. Адсорбционные методы анализа поверхности твердых тел. | Ознакомление с прибором SORBI для определения текстуры твердых тел. Приготовление образцов. |
| Практическая работа № 2. Адсорбционные методы анализа поверхности твердых тел. | Определение удельной поверхности (S _{уд}), пористости и распределения пор по размерам различных материалов. |
| Практическая работа № 3. Рентгенофазовый анализ в исследовании структуры твердых тел. | Исследование структуры и фазового состава поверхности АУ методом РФА. |
| Практическая работа № 4. Использование метода конфокальной КР-спектроскопии в анализе поверхности твердых тел. | Устройство и принцип работы конфокального КР-спектрометра-микроскопа SENTERRA. Изучение структуры образцов активированных углей. |
| Практическая работа № 5. Метод сканирующей элек- | Устройство растрового микроскопа, изучение морфологии и химического состава по- |

| | |
|--|---|
| тронной микроскопии в исследовании поверхности твердых тел. | верхности различных твердых тел. |
| Практическая работа № 6. Термогравиметрический анализ твердых тел. | Получение и анализ термогравиметрических кривых образцов активированных углей. |
| Практическая работа № 7. Физико-химические методы анализа поверхности сорбентов. | Определение поверхностных функциональных групп образцов активированных углей методами Боэма, потенциометрического титрования. Определение рН точки нулевого заряда различных сорбентов. |

5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины предусматривается применение следующих активных методов обучения:

- Выполнение практических работ с элементами исследования.
- Отчетные занятия по разделам «Классификация дисперсных систем», «Порошки: классификация, свойства, применение», «Методы очистки дисперсных систем». -Выполнение студентами индивидуальной исследовательской работы по анализу реальных объектов с поиском и выбором метода и схемы определения на практических занятиях.
- Контрольные работы.
- Коллоквиумы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

- Подготовка к отчетам по практическим работам.
- Решение задач.
- Подготовка к контрольной работе.
- Подготовка к коллоквиуму.
- Подготовка к зачету.
-

| Разделы и темы для самостоятельного изучения | Виды и содержание самостоятельной работы | Учебно-методическое обеспечение |
|---|---|---------------------------------|
| 1.Наноматериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| 2.Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |

| | | |
|--|--|----------------------|
| 3.Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| 4.Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод исследования поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| 5.Наноматериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| 6.Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| 7.Физико-химические методы анализа поверхности: метод Боэма, потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов практических работ. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| Решение задач | изучение условий и требований задач; поиск пути решения; составление плана решения; запись искомых величин в виде формул и вычисление их значений с требуемой точностью; анализ процесса решения задачи и отбор информации, полезной для дальнейшей деятельности | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| Подготовка к контрольной работе. | определить круг теоретических вопросов, выносимых на контроль; оценить уровень сложности практических заданий (будет ли работа дифференцированной, общей для всех, индивидуальной и т. д.); отобрать наиболее целесообразные для данного учебного | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |

| | | |
|--------------------------|---|----------------------|
| | материала способы и приемы работы | |
| Подготовка к коллоквиуму | подготовиться к коллоквиуму, т. е. выяснить: круг и уровень сложности вопросов, выносимых на контроль; формы контроля; способы и методы выполнения заданий, выносимых на контроль; повторить пройденное; разобрать наиболее трудные вопросы темы | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |
| Подготовка к зачету | повторен и изучен теоретический материал, составляющий содержание итогового контроля; выявлена его сущность; выполнены типичные задания, на примере которых раскрываются методы и способы применения теоретических знаний к решению конкретных учебных задач; выполнены все группы возможных упражнений, направленных на формирование определенных практических умений; проанализированы все выполненные практические работы текущего контроля. | См. п.п. 4.3; 7.2; 8 |

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое наноматериалы и нанотехнологии?
2. Назовите типы адсорбции.
3. Каким методом проводится определение удельной поверхности твердых тел?
4. С помощью какого прибора осуществляют съемку дифрактограмм?
5. Каковы возможности метода сканирующей электронной микроскопии в исследовании поверхности твердых тел?
6. Какую информацию о поверхности твердого тела можно получить с помощью рентгенофлуоресцентного метода?
7. Что такое простая и дифференциальная термогравиметрические кривые?
8. Какие растворы и почему используются в методе Бозма?

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

| Код и наиме- | Наименование | Планируемые резуль- | Процедура |
|--------------|--------------|---------------------|-----------|
|--------------|--------------|---------------------|-----------|

| нование компетенции из ФГОС ВО | компетенции из ФГОС ВО | таты обучения | освоения |
|--------------------------------------|--|--|--|
| ПК-1 | способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты | <p>Знает: методы формирования показателей эффективности конкурентоспособности научно-исследовательских работ в соответствующей области знаний; законодательство Российской Федерации и международные нормативные документы в соответствующей области знаний; отечественные и международные достижения в соответствующей области знаний.</p> <p>Умеет: формировать комплексные планы для реализации этапов исследования; прогнозировать технико-экономические показатели; проектировать системы управления научно-исследовательскими работами в организации.</p> <p>Владеет: навыками планирования, анализа и обобщения результатов эксперимента.</p> | <p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование.</p> <p>Контроль выполнения индивидуального задания.</p> |
| ПК-2 | владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии | Знает: теоретические основы традиционных и новых разделов химии и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач. | <p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование.</p> <p>Контроль выполнения индивидуального задания.</p> |

| | | | |
|------|---|---|--|
| | | <p>Умеет: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии.</p> <p>Владеет: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач.</p> | |
| ПК-3 | <p>готовностью использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований</p> | <p>Знает: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ.</p> <p>Умеет: выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения.</p> <p>Владеет: навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов.</p> | <p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование.</p> <p>Контроль выполнения индивидуального задания.</p> |
| ПК-4 | <p>способностью участвовать в научных дискуссиях и представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые докла-</p> | <p>Знает: основные требования к представлению результатов работ в профессиональной сфере деятельности.</p> <p>Умеет: использовать информационно-коммуникационные и компьютерные технологии для представле-</p> | <p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование.</p> <p>Контроль выполнения индивидуального задания.</p> |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | ды, рефераты и статьи в периодической научной печати) | ния результатов профессиональной деятельности. Владеет: навыками представления результатов работы в виде печатных материалов и устных сообщений. | |
|--|---|---|--|

7.2. Типовые контрольные задания

1. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольный процесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов в поверхностном слое и в фазе.
2. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
3. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Предпосылки теории.
4. Математическая основа теории БЭТ. Вывод уравнения адсорбции.
5. Физический смысл константы С. Выбор экспериментального метода получения изотермы адсорбции.
6. Условия удаления летучих и хемосорбированных веществ из адсорбента перед измерениями.
7. Условия измерения изотермы адсорбции.
8. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.

Вопросы по итоговому контролю

Коллоквиум 1

1. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольный процесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов в поверхностном слое и в фазе.
2. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Сорбция. Сорбат, адсорбат, адсорбтив, сорбент, адсорбент.
3. Понятия об адсорбции, сорбции. Сорбат, адсорбат, адсорбтив, сорбент, адсорбент.
4. Весовой и объемный методы определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.
5. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
6. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга.
7. Адсорбционные силы.
8. Специфическая и неспецифическая адсорбция.
9. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.

10. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
11. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью.
12. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела.
13. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
14. Удельная поверхность твердого тела ($S_{уд}$). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры.
15. Связь величины $S_{уд}$ с емкостью монослоя.
16. Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории.
17. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения.
18. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.

Коллоквиум 2

1. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Предпосылки теории.
2. Математическая основа теории БЭТ. Вывод уравнения адсорбции.
3. Физический смысл константы C .
4. Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным.
5. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
6. Требования к адсорбатам для определения величины удельной поверхности методом БЭТ.
7. Проверка надежности определения емкости монослоя по ур. БЭТ.
8. Условия, необходимые для успешного применения метода БЭТ.
9. Точка B на изотерме адсорбции. Метод определения величины $S_{уд}$ по одной точке.
10. Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм.
11. Анализ изотерм адсорбции: t -графики: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки.
12. Расчет величины удельной поверхности по t -графикам.
13. Влияние микро- и мезопористости на форму t -графиков.
14. Анализ изотерм адсорбции: as -графики. Нормализованная величина адсорбции.
15. Отклонения от линейности as -графиков. Преимущества as -графиков.
16. Оценка величины удельной поверхности по as -—графикам. Преимущества as -графиков.
17. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков.
18. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью f -графиков.

Коллоквиум 3

1. Источники погрешностей в определении удельной поверхности из адсорбционных данных.
2. Точность определения удельной поверхности по адсорбционным данным.
3. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ.
4. Значения константы C , необходимые для получения корректных результатов по методу БЭТ.
5. Причины широкого использования адсорбции азота для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.
6. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым.
7. Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым.
8. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.
9. Анализ изотерм сорбции IV типа.
10. Капиллярная конденсация в мезопорах.
11. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Его вывод.
12. Соотношение между радиусом кривизны и размером пор.
13. Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор.
14. Использование уравнения Кельвина для расчета распределения пор по размерам.
15. Интервал применимости уравнения Кельвина.
16. Правило Гурвича о предельном объеме адсорбированного вещества.
17. Сорбционный гистерезис, его причины.
18. Причины использования десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.
19. Учет двойкой природы десорбируемого адсорбата. при расчете распределения пор по размерам.
20. Методы вычисления распределения пор по размерам, учитывающие толщину адсорбционной пленки на стенках пор.
21. Механизм адсорбции в микропорах.
22. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах.
23. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм.
24. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.
25. Оценка объема микропор с помощью a_s – графиков.
26. Использование t -графиков для определения объема микропор.
27. Теория адсорбции в микропорах Дубинина - Радушкевича.
28. Уравнение Дубинина-Радушкевича. Линейная форма уравнения. Его графическая зависимость.
29. Расчет суммарного объема микропор по уравнению Дубинина-Радушкевича.
30. Выбор адсорбтива для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности.

31. Выбор экспериментального метода получения изотермы адсорбции
32. Условия удаления летучих и хемосорбированных веществ из адсорбента перед измерениями.
33. Условия измерения изотермы адсорбции.
34. Необходимость проверки воспроизводимости изотерм.
35. Анализ типа изотермы и петли гистерезиса.
36. Условия анализа изотермы адсорбции с помощью метода БЭТ.
37. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.
38. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.

Примерные вопросы к зачету

1. Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем.
2. Роль поверхности в таких системах.
3. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
4. Принципы весового и объемного методов определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.
5. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
6. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга.
7. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
8. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
9. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью.
10. Удельная поверхность твердого тела ($S_{уд}$). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины $S_{уд}$ с емкостью монослоя.
11. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения адсорбции.
12. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
13. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.
14. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ Проверка надежности определения емкости монослоя поур. БЭТ.
15. Условия, применения метода БЭТ для определения величины удельной поверхности твердых тел.
16. Метод определения величины удельной поверхности поодной точке на изотерме адсорбции.

17. Использование стандартных изотерм адсорбции для анализа адсорбционных данных. Критерии выбора стандартных изотерм.
18. Анализ изотерм адсорбции с помощью t -графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по t -графикам. Влияние микро- и мезопористости на форму t -графиков.
19. Анализ изотерм адсорбции с помощью as -графиков. Нормализованная величина адсорбции. Отклонения от линейности as -графиков. Преимущества as -графиков.
20. Оценка величины удельной поверхности по as -графикам. Преимущества as -графиков.
21. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью f -графиков.
22. Точность определения удельной поверхности по адсорбционным данным. Источники погрешностей.
23. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбтивов в соответствии со значениями константы C уравнения БЭТ.
24. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбата. Азот как наиболее широко используемый адсорбат для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.
25. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым. Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами. Влияние размера пор.
26. Классификация пор по размерам Дубинина. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.
27. Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым. Анализ изотерм сорбции IV типа.
28. Изотермы сорбции мезопористых сорбентов. Механизм процесса адсорбции в мезопорах. Капиллярная конденсация в мезопорах.
29. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения.
30. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор. Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор. Использование уравнения Кельвина для расчета распределения пор по размерам. Интервал применимости уравнения Кельвина.
31. Адсорбция в мезопорах. Механизм процесса. Предельный объем адсорбированного вещества. Правило Гурвича.
32. Сорбционно-десорбционный гистерезис, его причины. Использование десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.

33. Адсорбция в мезопорах Расчет распределения пор по размерам по изотерме десорбции. Учет двойственной природы десорбируемого адсорбата и толщины десорбционной пленки на стенках пор.
34. Методы вычисления распределения пор по размерам, учитывающие толщину адсорбционной пленки на стенках пор.
35. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.
36. Изотермы адсорбции на микропористых адсорбентах. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.
37. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Вид изотерм. Оценка объема микропор с помощью a_s -графиков.
38. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Влияние микро- и мезопористости на форму t -графиков.
39. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Использование t -графиков для определения объема микропор.
40. Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.
41. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Использование уравнения Дубинина-Радушкевича для расчета суммарного объема микропор.
42. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Выбор адсорбтива. Способы подготовки адсорбента.
43. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Весовой и объемный методы получения изотермы адсорбции.
44. Условия измерения изотермы адсорбции. Источники экспериментальных погрешностей. Необходимость проверки воспроизводимости изотерм.
45. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Анализ типа изотермы и петли гистерезиса.
46. Условия анализа изотермы адсорбции с помощью метода БЭТ.
47. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.
48. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,

- участие на практических занятиях - 40 баллов,
 - выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ – 20 баллов.
- Промежуточный контроль по дисциплине включает:
- устный опрос – 5 баллов,
 - письменная контрольная работа - 10 баллов,
 - тестирование - 15 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. В. Лебухов, Анна Окара, Л. Павлюченкова Физико-химические методы исследования. Издательство: Лань Серия: Учебники для вузов. Специальная литература 2016 г. 480 с
2. В. В. Старостин. Материалы и методы нанотехнологии. Москва. БИ-НОМ. Лаборатория знаний. 2010. 431 с.
3. Физико-химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>
4. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.А. Бахтина, В.И. Томилин, Н.П. Томилина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [http:// biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229593](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229593)

б) дополнительная литература:

1. Наноструктурные материалы / ред. Р. Ханнинк, А. Хилл ; пер. А.А. Шустиков. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2009. - 488 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-221-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [http:// biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115678](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115678)
2. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006, 325 с.
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Ю.И. Головин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Машиностроение, 2012. — 656 с. — 978-5-94275-662-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 22.05.2018). – Яз. рус., англ.
2. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 22.05.2018).

3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.05.2018).
4. ЭБС ibooks.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://ibooks.ru/> (дата обращения: 22.05.2018).
5. ЭБС book.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: www.book.ru/ (дата обращения: 22.05.2018).
6. ЭБС iprbook.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31168.html> (дата обращения: 22.05.2018).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать студента к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу. Указывается **перечень** учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- гlossарий (словарь терминов по тематике дисциплины);
- тезисы лекций,
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;

- работа с нормативными документами и законодательной базой; - поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций ситуации;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» используются следующие информационные технологии:

- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Занятия компьютерного тестирования.
- Компьютерные программы пакета Microsoft Office.
- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint. Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по **потокам** студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из **12 человек** и вспомогательное помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания ЩЭ (220 В, 2 кВт, в комплекте с УЗО), специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также

техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Учебные и научно-исследовательские лаборатории кафедры аналитической и фармацевтической химии №№ 14, 15, 16, 17, 19, 26 для проведения практических занятий оснащенные следующим оборудованием: Атомно – абсорбционный спектрометр conrAA 700; Газо-жидкостный хроматограф JC-14A (Shimatzu, Япония); Спектрофлуориметрический анализатор «Флюорат- 02 Панорама»; Спектрофотометр СФ- 56 для снятия спектров УФ и видимой области, с приставкой диффузного отражения ПОД-6 и компьютерным интерфейсом; Спектрофотометр СФ- 46 для снятия спектров УФ и видимой области; Сканирующий спектрофотометр Shimadzu UV-3600; Сканирующий электронный микроскоп LEO - 1450 с микронзондовым анализатором ISYS с системой EDX; ИК-Фурье спектрометр VERTEX 70 с расширенным спектральным диапазоном; Конфокальный КР - спектрометр - микроскоп SENTERRA 785; Автоматизированный спектрометр комбинационного рассеяния света ДФС-24; Акустооптический спектрометр Рамановского рассеивания РАОС-3; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S; Лазерный атомно-эмиссионный спектрометр LAES- Matrix; Комплекс для измерения текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов "СОРБИ-MS"; Система капиллярного электрофореза «Капель-103»; Полярнограф ABC 1.1; Потенциостат ПИ 50-1.